

УДК 622.235

# ИССЛЕДОВАНИЕ И РАЗРАБОТКА СПОСОБА ВЗРЫВАНИЯ ВЫСОКИХ УСТУПОВ ПАРАЛЛЕЛЬНО СБЛИЖЕННЫМИ СКВАЖИННЫМИ ЗАРЯДАМИ С ЗАКЛИНИВАЮЩЕЙСЯ ЗАБОЙКОЙ



*Ю. Д. НОРОВ,*  
начальник производственно-технического  
и инновационного отдела,  
проф., д-р техн. наук,  
yud.norov@ngmk.uz,  
ГП «Навоийский горно-металлургический  
комбинат», Навои, Узбекистан



*У. Ф. НАСИРОВ,*  
декан факультета инженерной  
геологии и горного дела,  
д-р техн. наук,  
Ташкентский государственный  
технический университет,  
Ташкент, Узбекистан



*Ш. А. ОЧИЛОВ,*  
старший преподаватель,  
Ташкентский государственный  
технический университет,  
Ташкент, Узбекистан

## Введение

В настоящее время на всех крупных карьерах мира превалирует тенденция к увеличению высоты уступа. Это позволяет существенно улучшить технико-экономические показатели разработки глубоких месторождений открытым способом, сократить число транспортных горизонтов и рабочих площадок, увеличить угол откоса рабочего борта, снизить величину текущего коэффициента вскрыши и в конечном итоге сократить объем вскрышных работ [1]. На качественное дробление породного массива на высоких уступах ориентировано постоянное совершенствование технологии буровзрывных работ (БВР) [2–12].

Среди применяемых методов БВР все чаще рекомендуется метод взрывания параллельно сближенными скважинными зарядами [13, 14]. Эффективность данного метода объясняется тем, что при нем уже в непосредственной близости от зарядов на расстояниях, составляющих около 1/2 расстояния между зарядами в паре, цилиндрические волны напряжений первого и второго зарядов начинают взаимодействовать, формируя плоский фронт. В результате породный массив в большей мере насыщается энергией взрыва, что позволяет интенсифицировать дробление за счет роста напряжений в удаленных от заряда точках массива. При ис-

*Осуществлен расчет параметров параллельно сближенных скважинных зарядов и экспериментально доказана эффективность их применения при взрывании высоких уступов на карьере «Мурунтау».*

**Ключевые слова:** высокий уступ, способ взрывания, параллельно сближенный скважинный заряд, заклинивающаяся забойка, плоский фронт, волна напряжений, эффективные параметры, расстояние между зарядами, загибание продуктов детонации.

**DOI:** 10.17580/gzh.2018.09.04

пользовании данного метода также возникают более сильные деформации в области разгрузки пород при взрывании, более высокие напряжения падающей волны увеличивают роль отраженных волн в процессе разрушения. В связи с этим совершенствование способа взрывания высоких уступов параллельно сближенными скважинными зарядами является актуальной задачей науки и практики горного производства, решение которой способствует повышению экономической эффективности работы предприятий.

## Сущность и экспериментальная проверка предложенного способа взрывания высоких уступов

При взрывании параллельно сближенных зарядов плоский фронт волны напряжений будет формироваться только в случае строго определенного расстояния между ними. Это дает возможность рассчитать оптимальные параметры параллельно сближенных скважин: расстояние между скважинами и их диаметр; они в работе определены по известным методикам расчета [5, 14].

В результате проведенных исследований разработан усовершенствованный способ взрывания высоких уступов параллельно сближенными скважинными зарядами с заклинивающейся забойкой. Данный способ реализуется следующим образом (**рис. 1**).

На подлежащем к взрыву блоке по увеличенной сетке скважин бурят вертикальные группы скважин 1, расположенных параллельно друг к другу на расстоянии 2,5–5 диаметров заряда. Закладывают основной заряд ВВ 2 и формируют заклинивающуюся забойку, состоящую из трех частей: нижней 3, верхней 4 частей заклинивающего заряда ВВ и инертного материала из буровой мелочи 5. В основном заряде ВВ, в нижней и верхней частях заклинивающегося заряда ВВ, устанавливают промежуточные детонаторы 6. В последние монтируют средства инициирования неэлектрического взрывания 7 с использованием реле замедления 8. При взрывании параллельно сближенных скважинных за-

рядов ВВ сначала взрывается верхняя часть заклинивающегося заряда, затем нижняя часть и далее основной заряд ВВ. В результате формируется эквивалентный заряд ВВ большого диаметра с обеспечением кратного запираания продуктов детонации. Такой заряд способствует росту эффективности взрыва по всей высоте уступа, предотвращению выхода негабаритов, равномерному распределению энергии взрыва и снижению действия ударной воздушной волны.

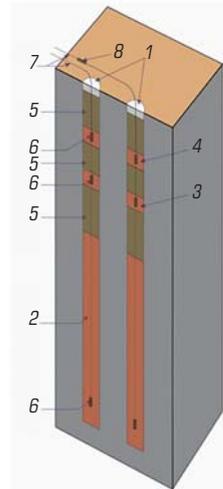
На карьере «Мурунтау» Центрального рудоуправления Навоийского горно-металлургического комбината, в соответствии с «Методикой ведения буровзрывных работ параллельно сближенными скважинными зарядами ВВ с заклинивающейся забойкой», на блоке № 45 гор. + 405 м проведены опытно-промышленные испытания разработанного способа.

Породный массив на экспериментальном блоке сложен из сильнотрещиноватых среднеблочных кварцево-сланцев и алевролитов (категория по взрываемости – средневзрываемые). Показатели физико-механических свойств пород блока приведены ниже.

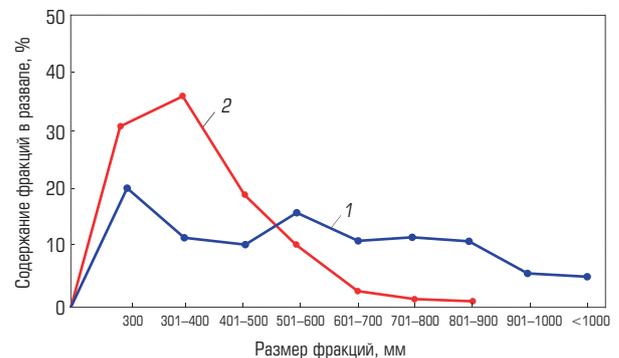
Плотность, т/м <sup>3</sup>	2,65–2,7
Прочность на сжатие, МПа	90–110
Прочность на растяжение, МПа	6,8–7,8
Прочность на сдвиг, МПа	12,3–13,2
Коэффициент крепости	8–10
Скорость продольных волн, км/с	3,7–5,4
Скорость поперечных волн, км/с	2,2–3,1
Коэффициент Пуассона	0,24
Модуль Юнга, Е·10 <sup>4</sup> , МПа	3,2

Экспериментальный блок уступов высотой 30 м объемом 48,6 тыс. м<sup>3</sup> был разделен на две равные части, в одной из которых уступы взрывали по традиционной конструкции, а во второй – с применением параллельно сближенных скважинных зарядов ВВ с заклинивающейся забойкой. Бурение взрывных скважин диаметром 250 мм осуществили буровыми станками СБШ-250МН.

В первой части блока сетка скважин принималась по паспорту БВР для данного предприятия и составляла 5,6×5,6 м. Длина



**Рис. 1. Способ взрывания высоких уступов параллельно сближенными скважинными зарядами с заклинивающейся забойкой:**  
 1 – параллельно сближенные скважины; 2 – основной заряд ВВ; 3 – нижняя часть заклинивающейся забойки; 4 – верхняя часть заклинивающейся забойки; 5 – забойка из буровой мелочи; 6 – промежуточные детонаторы; 7 – средство инициирования неэлектрического взрывания; 8 – реле замедления



**Рис. 2. Распределение фракций гранулометрического состава при базовом (1) и разработанном (2) способах дробления высоких уступов**

скважин 32 м, перебур 2 м. Тип ВВ – нобелан-2080. Удельный расход ВВ 1,1 кг/м<sup>3</sup>. Высота основного заряда ВВ составляла 22 м, масса ВВ в каждой скважине 1320 кг.

Во второй части параллельно сближенные скважины размещали по сетке 9×9 м. Длину этих скважин принимали в 32 м, перебур 2 м. Тип ВВ – нобелан-2080. Удельный расход ВВ составил 0,85 кг/м<sup>3</sup>. Высота основного заряда ВВ равнялась 17 м, масса



**Рис. 3. Общий вид развала взорванных пород высоких уступов при использовании базового (а) и разработанного (б) способов**

1020 кг. Расстояние между параллельно сближенными скважинами составляло 1 м. Длина нижней части заклинивающейся забойки скважинного заряда ВВ принималась в 0,8 м, а верхней ее части 1,3 м. Расстояние между запирающими зарядами ВВ заклинивающейся забойки 0,7 м с массой каждого из них 10 кг.

После каждого взрыва в процессе отгрузки был проанализирован гранулометрический состав взорванной горной массы. Сравнительные данные распределения гранулометрического состава при базовом и разработанном способах дробления горных пород приведены на **рис. 2 и 3**.

Анализ гранулометрического состава показал, что в разработанном способе по сравнению с базовым средний размер куска уменьшился на 27 %, а число негабаритных кусков – на 9 %. Проведенные опытно-промышленные испытания показали, что

при использовании параллельно сближенных скважинных зарядов ВВ с заклинивающейся забойкой достигается равномерное дробление горных пород по всей высоте уступа, хорошо прорабатывается нижняя часть подошвы уступа и уменьшается число негабаритных кусков.

По результатам промышленных испытаний получен экономический эффект в размере 196,55 сум на 1 м<sup>3</sup> взорванной горной массы.

### Заключение

Теоретическими расчетами и экспериментальным путем доказана эффективность взрывания высоких уступов карьеров параллельно сближенными скважинными зарядами по разработанному способу, описанному в статье.

### Библиографический список

1. Ильин С. А., Коваленко В. С., Пастухин Д. В. Открытый способ разработки месторождений: возможности и пути совершенствования // Горный журнал. 2012. № 2. С. 37–40.
2. Викторов С. Д., Еременко А. А., Закалинский В. М., Машуков И. В. Технология крупномасштабной взрывной отбойки на удароопасных рудных месторождениях Сибири. – Новосибирск: Наука, 2005. – 212 с.
3. Норов Ю. Д., Шеметов П. А., Заиров Ш. Ш., Тухташев А. Б., Насиров У. Ф., Бибиб И. П. Совершенствование методов управления дроблением горных пород взрывом. – Бухара: Изд-во «Бухоро», 2011. – 200 с.
4. Снитка Н. П., Мислибоев И. Т., Каримов Е. Л. Разработка энергосберегающей технологии ведения буровзрывных работ в зоне ослабления прочности горного массива на глубоких карьерах // Горный вестник Узбекистана. 2015. № 2(61). С. 7–11.
5. Норов Ю. Д., Очиллов Ш. А. Проблема управления дроблением горных пород под действием энергии взрыва скважинных зарядов взрывчатых веществ на открытых горных работах // Горный вестник Узбекистана. 2016. № 4(67). С. 17–23.
6. Ракишев Б. Р. Автоматизированное проектирование и производство массовых взрывов на карьерах. – Алматы: Гылым, 2016. – 340 с.
7. Насиров У. Ф., Очиллов Ш. А., Равшанова М. Х. Теоретические исследования механизма дробления скальных горных пород при взрывании высоких уступов // Известия вузов. Горный журнал. 2017. № 3. С. 38–44.
8. Gupta I. D., Trapathy G. R. Comparison of construction and mining blast with specific reference to structural safety // Indian Mining and Engineering Journal. 2013. Vol. 54. No. 4. P. 13–17.
9. Akande J. M., Lawal A. I. Optimization of blasting parameters using regression models in ratcon and NSCE granite quarries, Ibadan, Oyo State, Nigeria // Geomaterials. 2013. Vol. 3. No. 1. P. 28–37.
10. Inoue H., Sasaoka T., Shimada H., Hamanaka A. Study on control of fragmentation size by changing blasting pattern at open pit metal mine // Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology. – Fukuoka, 2014. P. 214–217.
11. Isheysky V. A. About the grain-size distribution of blasted rock from different zones of destruction // Scientific Reports on Resource Issues. – Freiberg: Technische University Bergakademie, 2014. P. 202–207.
12. Duan Y., Xiong D., Yao L., Wang F., Xu G. Advanced technology for setting out of blastholes and measurement while drilling // Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 11). – Sydney, 2015. P. 593–598.
13. Викторов С. Д., Галченко Ю. П., Закалинский В. М., Рубцов С. К. Разрушение горных пород сближенными зарядами. – М.: Научтехлитиздат, 2006. – 275 с.
14. Очиллов Ш. А. Теоретические исследования механизма взаимодействия парносближенных скважинных зарядов взрывчатых веществ // Горный вестник Узбекистана. 2017. № 4(71). С. 22–26. 

«GORNYI ZHURNAL», 2018, № 9, pp. 42–45  
DOI: 10.17580/gzh.2018.09.04

#### Investigation and development of high-bench blasting method with parallel close-spaced holes and wedging stemming

#### Information about authors

**Yu. D. Norov**<sup>1</sup>, Head of Industrial Engineering and Innovation Department, Professor, Doctor of Engineering Sciences, yud.norov@ngmk.uz

**U. F. Nasirov**<sup>2</sup>, Dean of the Faculty of Geologic Engineering and Mining, Doctor of Engineering Sciences

**Sh. A. Ochilov**<sup>2</sup>, Senior Lecturer

<sup>1</sup> Navoi Mining and Metallurgical Combinat, Navoi, Uzbekistan

<sup>2</sup> Tashkent State Technical University, Tashkent, Uzbekistan

#### Abstract

At the present time, all large open pit mines in the world predominantly tend towards benching at increased height. This approach enables better technical and economic performance of deep open pit mines, less number of haulage and mining horizons, higher slope of highwall, reduced stripping ratio and, finally, smaller volume of stripping. The continuous improvement of drilling and blasting methods is aimed at quality fragmentation of rocks in open pit mines with high benches.

Among the practiced methods, it is most frequently recommended to use parallel close-spaced blasting. Efficiency of this method is explained by the fact that in the direct vicinity of such blastholes, at a distance of their half-spacing, cylindrical stress waves start to interact and generate a plane front. As a result, rock mass is largely saturated with blast energy, and fragmentation in the remote zones is intensified due to the increased stresses.

At the Navoi Mining and Metallurgical Combinat, applicability of parallel close-spaced blasting at high benches of Murantau open pit mine was studied. The blast pattern and sizes of explosive charges were calculated with respect to the physical and mechanical properties of rocks. Then, an experimental

block of a high bench was subjected to large-scale blasting using the conventional and new (studied) methods. The comparison of the blasting outcomes showed that the parallel close-spaced blasting improved rock fragmentation quality along the whole height of the bench, which would increase productiveness of cutting and loading machines.

**Keywords:** high bench, blasting method, parallel close-spaced blast holes, wedging stemming, plane front, stress wave, efficient parameters, blast hole spacing, detonation product blocking.

#### References

- Ilin S. A., Kovalenko V. S., Pastikhin D. V. Open method of mining: opportunities and ways. *Gornyi Zhurnal*. 2012. No. 2. pp. 37–40.
- Viktorov S. D., Eremenko A. A., Zakalinskiy V. M., Mashukov I. V. Technology of large-scale blast undercutting at rockburst-hazardous Siberian ore deposits. Novosibirsk : Nauka, 2005. 212 p.
- Norov Yu. D., Shemetov P. A., Zairov Sh. Sh., Tukhtashev A. B., Nasirov U. F., Bibik I. P. Improvement of Control Methods for Rock Fragmentation by Blasting. Bukhara : Bukhoro, 2011. 200 p.
- Snitka N. P., Misiboev I. T., Karimov E. L. Energy-saving drilling-and-blasting technology for zones of rock mass weakening in deep open pit mines. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2015. No. 2(61). pp. 7–11.
- Norov Yu. D., Ochilov Sh. A. Problem of control of rock fragmentation quality under blast energy in open pit mining. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2016. No. 4(67). pp. 17–23.
- Rakishev B. R. Automated Design and Implementation of Large-Scale Blasts in Open Pit Mines. Almaty : Gylym, 2016. 340 p.
- Nasirov U. F., Ochilov Sh. A., Ravshanova M. Kh. Theoretical investigation of hard rock crushing mechanism when blasting high benches. *Izvestiya vuzov. Gornyi zhurnal*. 2017. No. 3. pp. 38–44.
- Gupta I. D., Trapathy G. R. Comparison of construction and mining blast with specific reference to structural safety. *Indian Mining and Engineering Journal*. 2013. Vol. 54, No. 4. pp. 13–17.
- Akande J. M., Lawal A. I. Optimization of blasting parameters using regression models in ratcon and NSCE granite quarries, Ibadan, Oyo State, Nigeria. *Geomaterials*. 2013. Vol. 3, No. 1. pp. 28–37.
- Inoue H., Sasaoka T., Shimada H., Hamanaka A. Study on control of fragmentation size by changing blasting pattern at open pit metal mine. *Proceedings of International Symposium on Earth Science and Technology*. Fukuoka, 2014. pp. 214–217.
- Isheysky V. A. About the grain-size distribution of blasted rock from different zones of destruction. *Scientific Reports on Resource Issues*. Freiberg : Technische University Bergakademie, 2014. pp. 202–207.
- Duan Y., Xiong D., Yao L., Wang F., Xu G. Advanced technology for setting out of blastholes and measurement while drilling. *Proceedings of the 11th International Symposium on Rock Fragmentation by Blasting (Fragblast 11)*. Sydney, 2015. pp. 593–598.
- Viktorov S. D., Galchenko Yu. P., Zakalinsky V. M., Rubtsov S. K. Rock Breakage by Closely Spaced Charges. Moscow : Nauchtekhizdat, 2006. 275 p.
- Ochilov Sh. A. Theoretical studies of mechanism of interaction between a pair of closely spaced blast holes. *Gornyi vestnik Uzbekistana*. 2017. No. 4(71). pp. 22–26.

### **Коллектив группы компаний «РИВС» искренне и сердечно поздравляет прославленный коллектив Навоийского горно-металлургического комбината со знаменательным событием – 60-летним юбилеем!**

Юбилей предприятия – большой праздник и для всех его партнеров. Мы гордимся тем, что в период сотрудничества с нашей компанией на Навоийском горно-металлургическом комбинате построена вторая очередь флотационного отделения и проведена реконструкция на обогатительной фабрике по переработке золотосодержащих руд – ГМЗ-3, осуществлено строительство комплекса по переработке золотосодержащих руд – ГМЗ-4.

Большой личный вклад в развитие сотрудничества «РИВС» с комбинатом внес основатель нашей фирмы А. В. Зимин. Его заслуги отмечены нагрудным знаком «Горняцкая слава» I степени. Мы, его последователи, приложим все усилия для продолжения плодотворного сотрудничества с Навоийским ГМК.

Поздравляя с этой знаменательной датой, искренне желаем дальнейших творческих успехов, свершения намеченных планов, процветания дружному, сплоченному коллективу Навоийского горно-металлургического комбината, прекрасному городу Навои и Республике Узбекистан.

**Коллектив группы компаний «РИВС»**